

(19)日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-218684

(P2002-218684A)

(43)公開日 平成14年8月2日(2002.8.2)

| (51)Int.Cl. <sup>7</sup>            | 識別記号  | F I          | テームコード*(参考)       |
|-------------------------------------|-------|--------------|-------------------|
| H 0 2 K 1/27                        | 5 0 1 | H 0 2 K 1/27 | 5 0 1 A 5 H 0 0 2 |
|                                     |       |              | 5 0 1 D 5 H 6 1 5 |
|                                     |       |              | 5 0 1 K 5 H 6 2 2 |
|                                     |       |              | 5 0 1 M           |
| 1/22                                |       | 1/22         | A                 |
| 審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 6 頁) 最終頁に続く |       |              |                   |

(21)出願番号 特願2001-5903(P2001-5903)

(22)出願日 平成13年1月15日(2001.1.15)

(71)出願人 000000170

いすゞ自動車株式会社

東京都品川区南大井6丁目26番1号

(72)発明者 桑原 徹

川崎市川崎区殿町3丁目25番1号 いすゞ

自動車株式会社川崎工場内

(74)代理人 100093610

弁理士 本庄 富雄

Fターム(参考) 5H002 AA04 AA05 AB05 AB07 AC04

AC06 AE08

5H615 BB01 BB14 PP02 PP09 SS18

SS44 TT05

5H622 AA02 CA02 CB01 CB04 CB05

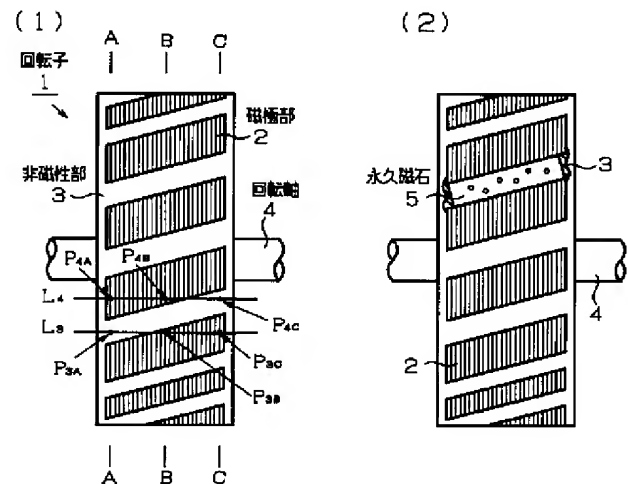
PP03 PP11 PP19

(54)【発明の名称】 回転機の回転子

## (57)【要約】

【課題】 回転軸4の周囲に永久磁石5を同じ極性が向かい合うように放射状に配置し、該永久磁石間の隙間を積層した磁性材(例、電磁鋼板)で埋めて磁極部2とし、該永久磁石の外周側および内周側を非磁性材(例、アルミニウム)で充填して非磁性部3として構成した回転機の回転子では、外周方向の位置によって磁束密度が大きく異なっていた。そのため、固定子との間の磁気吸引力が大きく変化し、回転が滑らかに行われないうというコギング現象が生じていた。

【解決手段】 永久磁石5を、回転子1の軸方向に対し周方向に傾斜するよう配設する。周方向に傾斜するよう配設されるので、回転子1の外周方向の位置が変わっても、磁束密度が大きく変化することがなくなる。そのため、コギング現象が抑制される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 回転軸の周囲に永久磁石を同じ極性が向かい合うように放射状に配置し、該永久磁石間の隙間を磁性材で埋めて磁極部とし、該永久磁石の外周側および該永久磁石と該磁極部の内周側を非磁性材で充填して非磁性部として構成した回転機の回転子において、前記永久磁石が前記回転子の軸方向に対し周方向に傾斜するように配設したことを特徴とする回転機の回転子。

【請求項2】 磁極部は磁性板を積層して構成したことを特徴とする請求項1記載の回転機の回転子。

【請求項3】 磁極部は一体の磁性材により構成したことを特徴とする請求項1記載の回転機の回転子。

【請求項4】 1箇所に配設する永久磁石を複数の分割磁石から成るようにしたことを特徴とする請求項1、2または3記載の回転機の回転子。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、発電機又は電動機等の回転機の回転子に関するものである。

【0002】

【従来の技術】回転機の回転子には、回転軸の周囲に永久磁石を同じ極性が向かい合うように放射状に配置し、永久磁石間の隙間を磁性材で埋めて磁極部とし、永久磁石の外周側および該永久磁石と該磁極部の内周側を非磁性材で充填して非磁性部とした構造のものがある（いわゆるIPM(Interior Permanent Magnet)型の回転子）。図5は、そのような従来の回転子を示す図である。図5において、1は回転子、2は磁極部、3は非磁性部、4は回転軸、5は永久磁石、 $L_1$ 、 $L_2$ は外周軸方向直線、X、Yは断面位置を示す符号、 $P_{1X}$ 、 $P_{1Y}$ は外周軸方向直線 $L_1$ とX-X断面、Y-Y断面との交点、 $P_{2X}$ 、 $P_{2Y}$ は外周軸方向直線 $L_2$ とX-X断面、Y-Y断面との交点である。図5(1)は側方から見た図であり、図5(2)は非磁性部3の一部を切り欠いて側方から見た図である。

【0003】磁極部2は、磁性材（例、電磁鋼板）の薄い板を積層して構成される。非磁性部3は、非磁性金属材料（例、アルミニウム）で構成される。その構成の仕方は、磁性板を積層して永久磁石を組み込んだ後、非磁性金属材料を溶融して鋳込んだり、あるいは非磁性金属材料でカシメたりすることによって行う。図6は、図5の回転子のX-X断面を示す図である。なお、従来の回転子1は、軸方向には同じ構成とされているので、Y-Y断面もX-X断面と同じである。従って、ここではX-X断面のみを示している。符号は図5のものに対応し、3A、3Bは非磁性部である。

【0004】非磁性部3Aは永久磁石5より外周側の非磁性部であり、非磁性部3Bは永久磁石5より内周側の非磁性部である。両者は、図5より理解されるように、回転子1の軸方向の端面を介してつながっている。永久

磁石5は、回転軸4の周囲に放射状に配置されており、しかも同じ極性が向かい合うようにされている。従って、例えば、N極とN極とが向かい合っている隙間に積層形成されている磁極部2の外周面（回転子表面）には、N極が生ぜしめられる。同様に、S極とS極とが向かい合っている隙間に積層形成されている磁極部2の外周面（回転子表面）には、S極が生ぜしめられる。

【0005】図7は、従来の回転子の磁極配置と磁束密度の分布を示す図である。符号は図5、図6のものに対応している。図7(2)は磁極配置を示している。但し、円弧状の回転子表面を、直線状に展開して示している。図7(1)は、その磁極配置における磁束密度である。磁束密度0より上の部分はN極の磁束密度を表し、下の部分はS極の磁束密度を表している。 $\phi_m$ はこの磁極構造での磁束密度の最大値である。磁束密度の分布は、図示するように、永久磁石5の真上では0（中性）である。S磁極の部分では、両側の永久磁石5に近い部分では磁束密度大であり、両側の永久磁石5から最も離れた中央部分では低くなっている。N磁極の部分でも同様に、両側の永久磁石5に近い部分では磁束密度大であり、両側の永久磁石5から最も離れた中央部分では低くなっている。

【0006】ところで、外周軸方向直線 $L_1$ 上の点 $P_{1X}$ は永久磁石5の真上の点であるから、その磁束密度は0である。点 $P_{1Y}$ もやはり永久磁石5の真上の点であるから、その磁束密度は同じく0である。このように、外周軸方向直線 $L_1$ を辿って行った場合、その直下の回転子1の内部構造は同じであるから、どの点も磁束密度は同じである。外周軸方向直線 $L_2$ の点 $P_{2X}$ は隣接する永久磁石5の中間部分の真上の点であり、その磁束密度は $\phi_2$ であるとする。点 $P_{2Y}$ もやはり隣接する永久磁石5の中間部分の真上の点であるから、その磁束密度は同じく $\phi_2$ である。外周軸方向直線 $L_2$ 上の点は、どの点でも磁束密度は $\phi_2$ である。このように、従来の回転子1では、各外周軸方向直線を辿って行った場合、どの点も磁束密度は同じであるが、外周軸方向直線が異なると磁束密度は異なった値となっていた。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】（問題点）前記した従来の回転子では、コギング現象が発生し、回転が滑らかにならないという問題点があった。

（問題点の説明）図7(1)に示したように、磁極面上の磁束密度が、永久磁石の近くでは大きく、隣接する永久磁石からも離れた両者の中間部分では、それに比べて相当小さくなっている。そのため、回転子の回転角度位置が違えば、固定子との間で働く磁気吸引力が大きく変化し、回転が滑らかに行われないというコギング現象が生じていた。本発明は、以上のような問題点を解決することを課題とするものである。

【0008】

【課題を解決するための手段】前記課題を解決するため、本発明では、回転軸の周囲に永久磁石を同じ極性が向かい合うように放射状に配置し、該永久磁石間の隙間を磁性材で埋めて磁極部とし、該永久磁石の外周側および該永久磁石と該磁極部の内周側を非磁性材で充填して非磁性部として構成した回転機の回転子において、前記永久磁石が前記回転子の軸方向に対し周方向に傾斜するように配設することとする。なお、前記の磁極部は磁性板を積層して構成しても良いし、一体の磁性材によって構成することも出来る。また、1箇所配設する永久磁石を複数の分割磁石から成るようにしてもよい。

【0009】（解決する動作の概要）永久磁石を、回転子の軸方向に対し周方向に傾斜させて配設したので、回転子の角度位置によって磁束密度の平均値が大きく異なるということがなくなる。そのため、どの回転角度位置でもほぼ同じ回転トルクが生ぜしめられ、コギング現象が生じなくなる。

【0010】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態を図面に基いて詳細に説明する。図1は、本発明の回転子を示す図である。符号は図5のものに対応し、A、B、Cは断面位置を示す符号、 $L_3$ 、 $L_4$ は外周軸方向直線であり、 $P_{3A}$ 、 $P_{3B}$ 、 $P_{3C}$ は外周軸方向直線 $L_3$ とA-A断面、B-B断面、C-C断面との交点、 $P_{4A}$ 、 $P_{4B}$ 、 $P_{4C}$ は外周軸方向直線 $L_4$ とA-A断面、B-B断面、C-C断面との交点である。構成上、図5の従来例と相違する点は、磁極部2および非磁性部3が、軸方向に対して周方向に傾斜して設けられている点である。傾斜して設ける理由は、回転子の外周を軸方向に辿って行った場合、どの外周軸方向直線を辿って行っても（例えば、外周軸方向直線 $L_3$ を辿って行っても、 $L_4$ を辿って行っても）、磁束密度を軸方向で平均すると、ほぼ同じ値となるようにするためである。

【0011】図4は、本発明の回転子の断面A、B、Cでの磁極配置と磁束密度の分布を示す図であり、符号は図7、図1のものに対応している。なお、図4(1)はA断面のもの、図4(2)はB断面のもの、図4(3)はC断面のものである。外周軸方向直線 $L_3$ を、A断面で永久磁石5の真上の中央の点 $P_{3A}$ を通る外周軸方向直線とすると、永久磁石5が軸方向に対し周方向に傾斜して設けられているので、それとB断面、C断面との交点 $P_{3B}$ 、 $P_{3C}$ は、永久磁石5の真上の点とはならない（傾斜の度合に応じてズレている）。そのため、各点での磁束密度も、図示するように、点 $P_{3A}$ では0、点 $P_{3B}$ では $-\phi_{3B}$ 、点 $P_{3C}$ では $-\phi_{3C}$ というように異なったものになる。そして、外周軸方向直線 $L_3$ 全体にわたっての磁束密度は、外周軸方向直線 $L_3$ 上の点についてのこのような磁束密度を平均したものとなる。

【0012】外周軸方向直線 $L_4$ を、A断面で隣接する永久磁石5の中間部分の真上の点 $P_{4A}$ を通る外周軸方向

直線とすると、永久磁石5が軸方向に対し周方向に傾斜して設けられているので、それとB断面、C断面との交点 $P_{4B}$ 、 $P_{4C}$ は、隣接する永久磁石5の中間部分の真上の点とはならない。従って、外周軸方向直線 $L_3$ の場合と同様、外周軸方向直線 $L_4$ 上の点 $P_{4A}$ 、 $P_{4B}$ 、 $P_{4C}$ の磁束密度は同じとはならない。他の外周軸方向直線についても同様である。そして、各外周軸方向直線にわたっての前記のような平均した磁束密度は、永久磁石等の傾斜配設により略同じとされるので、回転子の回転角度位置によって、吸引力が大きかったり小さかったりすることが殆どなくなる。従って、回転は滑らかとなり、コギング現象は殆ど生じなくなる。なお、傾斜方向は、図1とは逆方向としてもよい（即ち、図1では右上がりに傾斜したものとしているが、右下がりに傾斜させてもよい）。また、傾斜による永久磁石5の左端と右端とのずれの大きさは、回転子1に対向している固定子（図示せず）のコイルスロットの間隔と同程度にするのが好適である。

【0013】次に、前記したような構造の本発明の回転子を製造する方法について説明する。第1の方法としては、次のようなものがある。

①磁極部2を形成する電磁鋼板を積層し、軸方向に永久磁石を挿入する（これは従来と同じ）。

②その状態で永久磁石が軸方向に対し周方向に傾斜するように、電磁鋼板をずらす（電磁鋼板の薄い各1枚1枚は、少しづつずれる。）。

③永久磁石の外周側、電磁鋼板および永久磁石の内周側に、溶融した非磁性金属材（例、アルミニウム）を鋳込む。

【0014】第2の方法としては、次のようなものがある。

①電磁鋼板を積層し、治具を使用して軸方向に対し周方向に傾斜させる。

②永久磁石を挿入すべき穴に、永久磁石を挿入する。

③永久磁石の外周側、電磁鋼板および永久磁石の内周側に、溶融した非磁性金属材を鋳込む。

【0015】ところで、電磁鋼板の各薄板は順次周方向にずらされるから、もし電磁鋼板として従来と同様の全て同一形状のものを使用したとすると、積層した電磁鋼板の、軸方向の一方の端部の永久磁石挿入用の口と他方の端部の永久磁石挿入用の口とをつなぐ穴は、直線的につながる穴とはならない。あたかも円柱の表面を斜めにうねるが如くにしてつながる穴となる。従って、それに挿入する永久磁石の形状も、そのうねった穴に挿入し得る形状のものとする必要がある。

【0016】もし永久磁石として、従来使用していたのと同様の形状のもの（直方体状のもの）を使用したいということであれば、電磁鋼板に開ける永久磁石挿入用穴は、上記のうねりを打ち消すよう考慮して開ける必要がある。即ち、電磁鋼板を打ち抜き形成する際、その電磁

10

20

30

40

50

鋼板の積層位置に応じて永久磁石挿入用穴の打ち抜き位置を少しづつ変えてやり、積層して所要の角度だけ軸方向に傾斜させた場合に出来上がる永久磁石挿入穴が、直線的な穴となるようにする。しかし、このように電磁鋼板毎に打ち抜き位置を変えてやるなどということは、煩雑に耐えず、製造コストも大となる。電磁鋼板打ち抜き工程でのコストを小とするため、どの電磁鋼板も同じ形状で打ち抜き形成するようにしようとするなら、永久磁石挿入穴を少し大き目にしておけばよい。そうすれば、永久磁石挿入穴がうねった穴となっても、穴の大きさに余裕があるので、直方体状の永久磁石を挿入することが出来るからである。

【0017】図2は、本発明で使用する永久磁石5の1例を示す図である。図2(1)は平面図、図2(2)は正面図、図2(3)は側面図であり、5-1は上面、5-2は下面、5-3は左端辺、5-4は右端辺である。正面図に示すように、上面5-1、下面5-2とも少し上方に湾曲するような形状としている。これは前記したうねりに対応させたものであり、このように湾曲させることにより、回転子の回転軸中心より半径方向に見た永久磁石5の存在位置(分布状況)を、出来るだけ均等にすることが出来る(もし、円筒表面に軸方向斜めに直方体状の永久磁石を置いたとすると、円筒表面に接している部分は円筒中心より円筒半径だけ離れた位置に存在しているが、接していない部分は該半径より遠い位置に存在することになる。図2のように湾曲させれば、円筒中心よりほぼ同じ位置に存在するようにすることが出来る。)。また、図2(1)の平面図に示すように、傾斜させる方向に応じ、左端辺5-3と右端辺5-4とを斜めの辺とし、全体として平行四辺形にすれば、永久磁石5を図1(2)の配設位置に配設した際、永久磁石5の両端を回転子1の端面と平行にすることが出来る。

【0018】図3は、本発明で使用する永久磁石5の他の例を示す図である。図3において、5-5、5-6は傾斜カット面、5A~5Fは分割磁石である。図3

(1)は、永久磁石挿入穴への挿入方向に対して直角方向の面において、その角(コーナー)となる部分を適宜カットして傾斜面としたものを示している。図示した例では、右上の角、左上の角の2つの角をカットして、傾斜カット面5-5、5-6としている。このようにすれ

ば、永久磁石挿入穴に挿入し易くなる。なお、カットする角の数は必要に応じて3つとしてもよいし、4つすることも出来る。

【0019】図3(2)は、挿入方向に上、中、下の3つに分割し、分割磁石5A~5Cとしたものである。また図3(3)は、挿入方向に対し直角方向に3つに分割し、分割磁石5A~5Cとしたものである。分割数は2つにしても良いし、4つまたはそれ以上とすることも出来る。このように分割すれば、少しづつズレて納まることが出来るから、やはり永久磁石挿入穴に挿入し易くなる。なお、前記の実施形態では、磁極部2は薄い電磁鋼板を積層して構成するとしたが、回転子1のサイズ等によっては、一体の磁性材で構成するようにすることも出来る。また、本発明は、前記したタイプの回転子のみならず、さまざまなタイプのものに適用することが可能である。

#### 【0020】

【発明の効果】以上述べた如く、本発明の回転機の回転子によれば、永久磁石を、回転子の軸方向に対し周方向に傾斜させて配設したので、回転子の角度位置によって磁束密度の平均値が大きく異なるということがなくなる。そのため、どの回転角度位置でもほぼ同じ回転トルクが生ぜしめられ、コギング現象を生じなくすることが出来る。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の回転子を示す図

【図2】 本発明で使用する永久磁石の1例を示す図

【図3】 本発明で使用する永久磁石の他の例を示す図

【図4】 本発明の回転子の断面A、B、Cでの磁極配置と磁束密度の分布を示す図

【図5】 従来の回転子を示す図

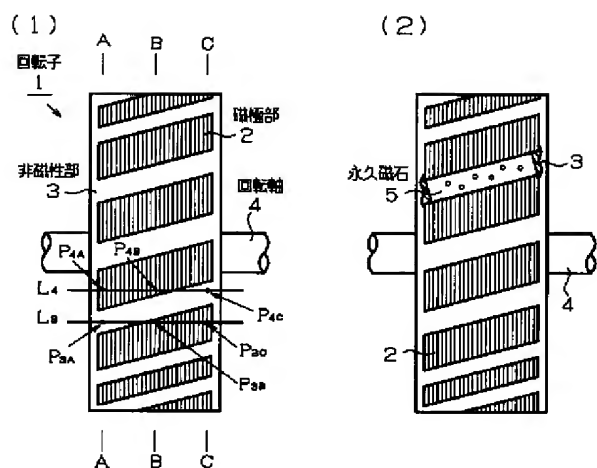
【図6】 従来の回転子の断面を示す図

【図7】 従来の回転子の磁極配置と磁束密度の分布を示す図

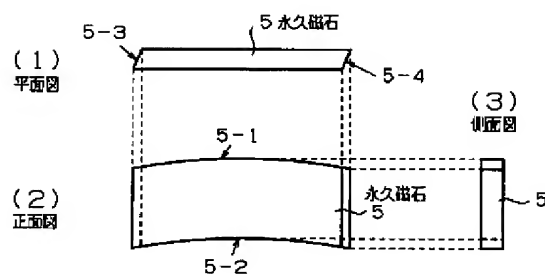
#### 【符号の説明】

1…回転子、2…磁極部、3、3A、3B…非磁性部、4…回転軸、5…永久磁石、5-1…上面、5-2…下面、5-3…左端辺、5-4…右端辺、5-5、5-6…傾斜カット面、5A~5F…分割磁石、A~5F

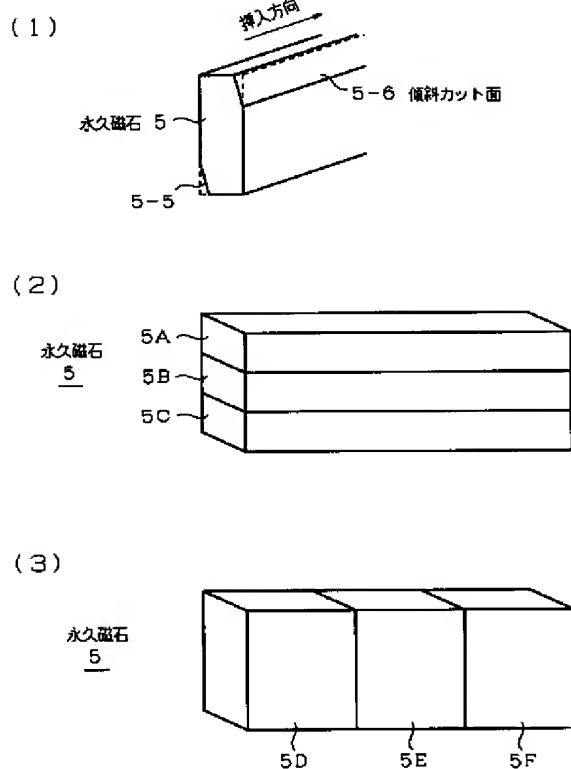
【図1】



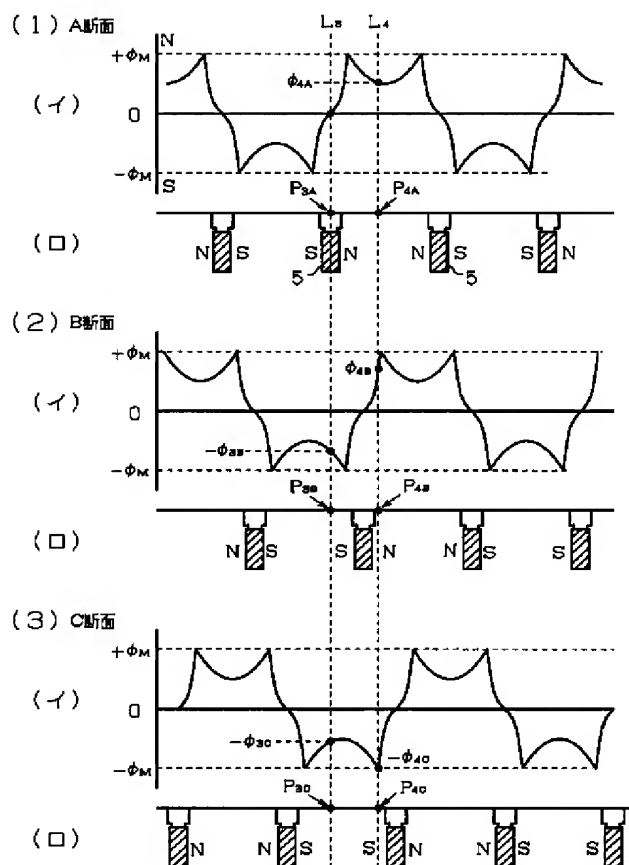
【図2】



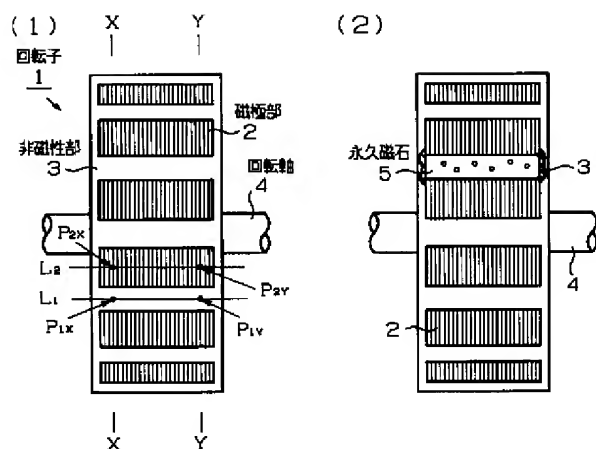
【図3】



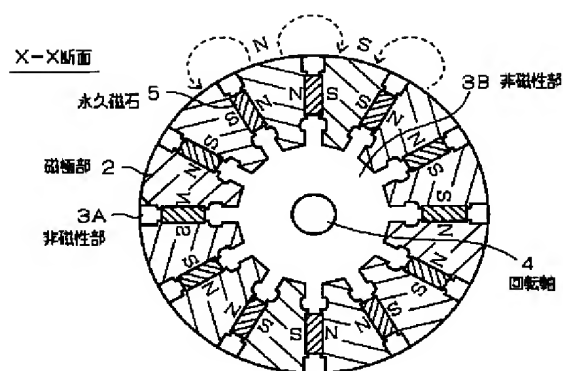
【図4】



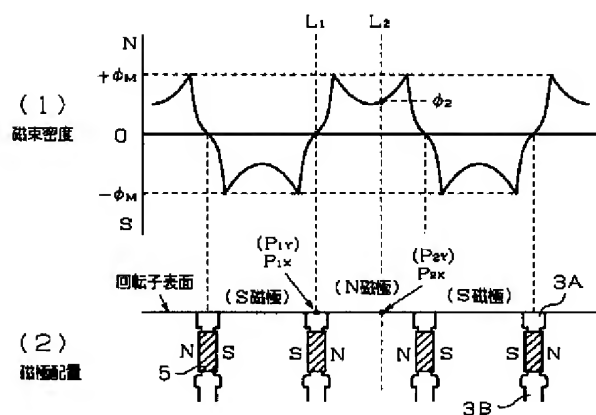
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(51)Int. Cl.<sup>7</sup>  
H02K 15/02

識別記号

F I  
H02K 15/02

テマコード (参考)  
L